

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-111677

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

H 01 L 29/84  
G 01 L 1/18  
5/16

識別記号

庁内整理番号

A-6819-5F  
7409-2F  
7409-2F

⑭ 公開 昭和63年(1988)5月16日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 力検出装置

⑯ 特 願 昭61-259051

⑰ 出 願 昭61(1986)10月30日

⑱ 発 明 者	岡 田	和 廣	東京都大田区中馬込1丁目3番6号	株式会社リコー内
⑲ 発 明 者	木 村	裕 治	東京都大田区中馬込1丁目3番6号	株式会社リコー内
⑳ 発 明 者	太 田	英 一	東京都大田区中馬込1丁目3番6号	株式会社リコー内
㉑ 発 明 者	谷	克 彦	東京都大田区中馬込1丁目3番6号	株式会社リコー内
㉒ 出 願 人	株 式 会 社	リ コ ー	東京都大田区中馬込1丁目3番6号	
㉓ 代 理 人	弁 理 士	柏 木	明	

#### 明 細 書

1. 発明の名称 力 検 出 装 置

2. 特許請求の範囲

中心部と周辺部とのいずれか一方を支持部とし他方を作用部とするとともに一面を機械的変形により電気抵抗を変化させる検出素子を備えた検出面とし他面を力伝達体が設けられた作用面とした単結晶基板による平板状起歪体を形成し、この平板状起歪体の前記検出面をハウジングで覆ったことを特徴とする力検出装置。

3. 発明の詳細な説明

技術分野

本発明は、例えばロボット用力覚センサやマンマシンインターフェースとしての三次元入力装置等に利用される力検出装置に関するものである。

従来の技術

従来の力検出装置は、外力が印加されることにより弾性変形する起歪体にこの起歪体の機械的変形により電気抵抗を変化させる複数の検出素子を形成し、これらの検出素子の電気的抵抗変化を電気的信号として取り出して外力の強さを検出しているものである。

そして、シリコン単結晶による起歪体を用いて、その表面に半導体プレーナプロセス技術により検出素子を形成する技術は、特開昭60-221288号公報に開示されている。すなわち、シリコン単結晶による正八角形の平板リング状の起歪体を形成し、この起歪体の一面に複数の検出素子を形成し、起歪体の対向辺に外力を作用させて $F_x, F_y, F_z$ の力の三成分の2次元分布を検出しているものである。

しかしながら、シリコン単結晶基板から八角形の平板リング状の起歪体を切り出すには、ダイミングソーカット法、レーザ加工、エッチング加工

等を組合せて加工しなければならず、その加工が容易ではないという問題を有する。

また、起歪体の固定、外部回路への接続、センサ表面の保護等を行うことが困難であり、構造が複雑で組立が容易ではないと云う問題を有する。とくに、検出素子が外気に接触する構造であり、これを外気から遮断することは構造上できないため、汚染され易く、信頼性がないものである。

#### 目的

本発明は、検出素子を半導体プレーナプロセス等の技術を応用して形成してもその汚染のおそれがなく、信頼性の高い力検出装置を得ることを目的とする。

#### 構成

本発明は、中心部と周辺部とのいずれか一方を支持部とし他方を作用部とするとともに一面を機械的変形により電気抵抗を変化させる検出素子を備えた検出面とし他面を力伝達体が設けられた作

用面とした単結晶基板による平板状起歪体を形成し、この平板状起歪体の前記検出面をハウジングで覆ったものである。したがって、半導体プレーナプロセス技術を利用して検出素子の形成を起歪体の表面に直接的に形成することができ、このような検出素子であつてもハウジングによりその検出素子が形成された検出面は覆われているので、検出素子が汚染されることがなく、その信頼性を高めることができるように構成したものである。

本発明の第一の実施例を第1図乃至第8図に基づいて説明する。まず、起歪体1はシリコン単結晶基板よりなり正形状をしている。そして、外周側はハウジング2に埋め込まれて支持部3とされ、中心に力伝達体4が結合されて作用部5とされている。そして、前記力伝達体4が結合された面を作用面6とし、この作用面6の逆の面を検出面7としている。この検出面7にはシリコンプレーナプロセス技術を用いて12個の検出素子8

- 3 -

が形成されている。

これらの検出素子8は応力を受けて変形することにより抵抗率が変化する原理、すなわち、ピエゾ抵抗効果を利用するものであり、例えば、起歪体1が、 $n-Si(110)$ ウエハである場合、第3図に示す $R_{x_1}, R_{x_2}, R_{x_3}, R_{x_4}$ と $R_{y_1}, R_{y_2}, R_{y_3}, R_{y_4}$ なる検出素子8は $\langle 110 \rangle$  (X軸, Y軸)方向に配置され、 $R_{z_1}, R_{z_2}, R_{z_3}, R_{z_4}$ なる検出素子8はX軸及びY軸に対して45度の方向に配置されている。そして、それぞれの検出素子8は、第5図に拡大してその形状を示すが、X軸、Y軸及びこれらと45度の方向に電流 $i$ が流れるように幅が $l_1$ で長さが $l_2$ であり、かつ、 $l_1 \ll l_2$ であるように設定されている。

つぎに、検出素子8の製造方法を第8図に基づいて説明する。しかして、第8図に示すものは、ウエハ処理工程の概略とその工程における断面図である。

- 5 -

- 4 -

#### 〔熱酸化〕

$n-Si(110)$ ウエハを酸化し、表面に $SiO_2$ を形成する。 $SiO_2$ は次工程の拡散のマスクとして使う。

#### 〔拡散窓明〕

選択拡散を行うために $SiO_2$ を除去し、拡散窓明を行う。

#### 〔拡散〕

BN固体拡散源等により拡散を行う。ボロンはシリコン面が露出しているところのみ拡散し、 $n$ 型から $p$ 型に変わる。

#### 〔CVD-SiN〕

両面にCVD-SiNをデポジションする。表面は外部からの汚染に対するバリアとし、裏面はシリコン基板をエッチングする時のマスクとして使う。

#### 〔コンタクトホール〕

検出素子8を電気的に接続するためのコンタク

- 6 -

トホールをエッチングで明ける。

〔アルミ蒸着／加工〕

アルミニウムにより検出素子8の相互接続及び外部回路への電気的接続を図る。

〔シンタリング〕

アルミニウムとゲージ抵抗のオーミック性を改善するためにシンタリングを行う。

〔ダイシング〕

シリコン処理工程を完了した後、個々のセンサチップに分離する。

〔力伝達体4の接着〕

力伝達体の材質は、シリコン単結晶基板の線膨張係数に近い材料が望ましい。この材料としては金属やガラス等が考えられる。

金属の場合は、コパールなどがあり、シリコンとの接着はAu-Si共晶、半田、樹脂等の接着が考えられる。また、ガラスの場合は、テンバックスガラスなどがあり、シリコンとの接着はガラス

や高温中でガラスとシリコンに電界をかけて行う静電シーリングなどで接着することができる。

しかして、これらの12個の検出素子8はその検出素子8に形成されたアルミ配線、ワイヤーボンディング線9、リードピン10を介して外部回路に接続されている。

しかして、力伝達体4に作用する力としては、各軸方向、すなわち、それぞれ直交する三次元方向(X, Y, Z方向)に沿う力( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ )と、各軸回りのモーメント( $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ )との6成分であるが、これらの内の $F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ の3成分を検出するためのブリッジ回路が第6図(a)(b)(c)に示すように形成されている。

また、前記ハウジング2は前記起歪体1の外周部と前記リードピン10とをインサートするモールド体11とこのモールド体11の中心穴部12に固定される円形の蓋体13とよりなる。そして、前記モールド体11には、その外周のフランジ部

- 7 -

14に取付用の複数個の取付穴15が形成されている。

このような構成において、力伝達体4に外力を作用させることにより起歪体1に内部応力が発生し、これに基づく歪により検出素子8が変形してピエゾ抵抗効果により抵抗変化 $\Delta R$ が生じる。

ここで、応力が存在するときの抵抗変化 $\Delta R$ は、

$$\Delta R/R = \pi_s \sigma_s + \pi_t \sigma_t + \pi_s \sigma_s \dots \dots (1)$$

$\pi_s$ :縦ピエゾ抵抗係数

$\pi_t$ :横ピエゾ抵抗係数

$\pi_s$ :剪断ピエゾ抵抗係数

$\sigma_s$ :縦方向応力

$\sigma_t$ :横方向応力

$\sigma_s$ :剪断方向応力

となる。

ここでは、剪断応力 $\sigma_s$ が $\sigma_s$ ,  $\sigma_t$ に比べて小さいことから、以後はこの剪断応力 $\sigma_s$ を無視して考察する。

- 9 -

- 8 -

また、前述のように検出素子8の形状が第5図に示すように、 $\theta, \theta, \theta$ に設定されているので、式(1)の $\pi_t, \sigma_t$ を無視することができる。したがって、式(1)は次の式(2)のようになる。

$$\Delta R/R = \pi_s \sigma_s \dots \dots (2)$$

このとき、力伝達体4に $F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ の3成分の力が作用したとすれば、検出素子8の抵抗の変化は第4図に示すようになる。すなわち、

〔 $M_x$ が加わった時〕

$R_{x_1}$ ,  $R_{x_2}$ は減少、 $R_{x_3}$ ,  $R_{x_4}$ は増加

$R_{y_1}$ ,  $R_{y_2}$ ,  $R_{y_3}$ ,  $R_{y_4}$ は変化なし

$R_{z_1}$ ,  $R_{z_2}$ は減少、 $R_{z_3}$ ,  $R_{z_4}$ は増加

〔 $M_y$ が加わった時〕

$R_{x_1}$ ,  $R_{x_2}$ ,  $R_{x_3}$ ,  $R_{x_4}$ は変化なし

$R_{y_1}$ ,  $R_{y_2}$ は減少、 $R_{y_3}$ ,  $R_{y_4}$ は増加

$R_{z_1}$ ,  $R_{z_2}$ は減少、 $R_{z_3}$ ,  $R_{z_4}$ は増加

〔 $F_z$ が加わった時〕

$R_{x_1}$ ,  $R_{x_2}$ は減少、 $R_{x_3}$ ,  $R_{x_4}$ は増加

- 10 -

$R_{y_1}$ ,  $R_{y_2}$ は減少、 $R_{y_3}$ ,  $R_{y_4}$ は増加

$R_{z_1}$ ,  $R_{z_2}$ は減少、 $R_{z_3}$ ,  $R_{z_4}$ は増加

となる。

このような抵抗変化を纏めると、次の第1表のようになる。

第1表

	$M_x$	$M_y$	$F_z$
$R_{x_1}$	-	0	-
$R_{x_2}$	+	0	+
$R_{x_3}$	-	0	-
$R_{x_4}$	+	0	+
$R_{y_1}$	0	-	-
$R_{y_2}$	0	+	+
$R_{y_3}$	0	-	-
$R_{y_4}$	0	+	+
$R_{z_1}$	-	-	-
$R_{z_2}$	+	+	+
$R_{z_3}$	-	-	+
$R_{z_4}$	+	+	-

- 11 -

このような力の3成分( $M_x$ ,  $M_y$ ,  $F_z$ )を検出するために、第6図に示すようにブリッジ回路が構成されているので、互いの力成分に干渉されることなく各回路毎に $M_x$ ,  $M_y$ ,  $F_z$ の出力が得られる。

例えば、 $M_x$ が加わった時の第6図(a)(b)(c)の出力は次のようになる。

まず、第6図(a)において、

$$V = \frac{-R_{x_1} \cdot R_{x_2} + R_{x_3} \cdot R_{x_4}}{R_{x_1} + R_{x_2} + R_{x_3} + R_{x_4}} \cdot I \dots \dots (3)$$

となる。

ここで、簡単化するために、 $R_{x_1} = R_{x_2} = R_{x_3} = R_{x_4} = R$ とすると、式(3)は、 $V = 0$ となる。

また、 $M_x$ による抵抗の増加分を $\Delta R$ 、減少分を $-\Delta R$ とすると、第1表より $M_x$ による出力は

- 12 -

$$\begin{aligned} V &= \frac{-(R-\Delta R)^2 + (R+\Delta R)^2}{(R-\Delta R) + (R+\Delta R) + (R-\Delta R) + (R+\Delta R)} \cdot I \\ &= \frac{+4R \cdot \Delta R}{4R} \cdot I \\ &= \Delta R \cdot I \dots \dots (4) \end{aligned}$$

となる。

すなわち、 $M_x$ による出力変化(感度 $\Delta V$ )は、

$$\Delta V = \Delta R \cdot I \dots \dots (5)$$

となる。

次に、第6図(b)において、

$$V = \frac{-R_{y_1} \cdot R_{y_2} + R_{y_3} \cdot R_{y_4}}{R_{y_1} + R_{y_2} + R_{y_3} + R_{y_4}} \dots \dots (6)$$

となる。

ここで、 $R_{y_1} = R_{y_2} = R_{y_3} = R_{y_4} = R$ とすると、式(6)は、 $V = 0$ となる。

また、 $M_x$ による抵抗変化はないとすると、

$$\begin{aligned} V &= \frac{-R^2 + R^2}{R + R + R + R} \cdot I \\ &= 0 \dots \dots (7) \end{aligned}$$

- 13 -

- 14 -

すなわち、 $M_x$  による感度  $\Delta V$  は、

$$\Delta V = 0 \quad \dots \dots (8)$$

となる。

つぎに、第6図(c)において、

$$V = \frac{-R_{z_1} \cdot R_{z_2} + R_{z_3} \cdot R_{z_4}}{R_{z_1} + R_{z_2} + R_{z_3} + R_{z_4}} \cdot I \quad \dots \dots (9)$$

ここで、 $R_{z_1} = R_{z_2} = R_{z_3} = R_{z_4} = R$  とすると、式(9)は、 $V = 0$  となる。

また、 $M_x$  による抵抗の増加分を  $\Delta R$ 、減少分を  $-\Delta R$  とすると、

$$V = \frac{-(R-\Delta R)(R+\Delta R) + (R-\Delta R)(R+\Delta R)}{(R-\Delta R) + (R+\Delta R) + (R-\Delta R) + (R+\Delta R)} \cdot I$$

$$= 0 \quad \dots \dots (10)$$

となる。すなわち、 $M_x$  による感度  $\Delta V$  は、

$$V = 0 \quad \dots \dots (11)$$

となる。

以上の事項は、 $M_x$  について述べたが、 $M_y$ 、 $F_z$  についても同様に考えられる。

しかして、第6図(a)(b)(c)のブリッジ回路は、  
(i). 各検出素子8の抵抗は等しい。

(ii). 検出素子8の抵抗の増減  $\Delta R$  が等しい。

と云う条件の下で、 $M_x$ 、 $M_y$ 、 $F_z$ の3成分は互いに干渉されることなく検出することができるものである。

本発明の第二の実施例を第9図に基づいて説明する。本実施例は起歪体1の作用面6側の検出素子8に対向する位置に環状の凹部16を形成したものである。この凹部16の形成は、アルカリ系の異方性エッチング液によりエッチングにより形成したものである。

このように形成することにより、起歪体1の変形が微小な荷重にตอบสนองするようになり、低荷重の力であれば、高い感度をもつて検出することができるものである。

効果

本発明は、上述のように中心部と周辺部とのい

- 15 -

ずれか一方を支持部とし他方を作用部とするとともに、一面を機械的変形により電気抵抗を変化させる検出素子を備えた検出面とし、他面を力伝達体が設けられた作用面として単結晶基板による平板状起歪体を形成し、この平板状起歪体の前記検出面をハウジングで覆ったので、検出素子が汚染されることがなく、信頼性を高めることができ、また、検出素子の形成は半導体プレーナプロセスにより形成することができるので、クリープやヒステリシスの発生を防止することができ、量産性に富んでいる等の効果を有するものである。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第一の実施例を示す縦断側面図、第2図は全体を縮小して示す斜視図、第3図は起歪体の平面図、第4図はp-Si(110)におけるピエゾ抵抗係数を示す特性図、第5図は検出素子の形状を示す平面図、第6図(a)(b)(c)はブリ

ッジ回路図、第7図(a)(b)(c)は各種の応力の発生状態を示す特性図、第8図は製造工程図、第9図は本発明の第二の実施例を示す縦断側面図である。

1…起歪体、2…ハウジング、3…支持部、5…作用部、6…作用面、7…検出面、8…検出素子

出 願 人 株式会社 リコー

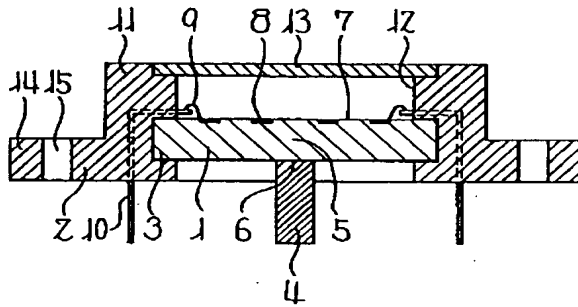
代 理 人 柏 木 明



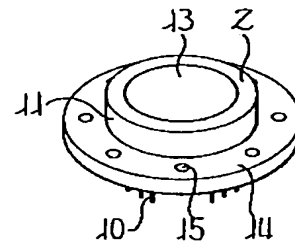
- 17 -

- 18 -

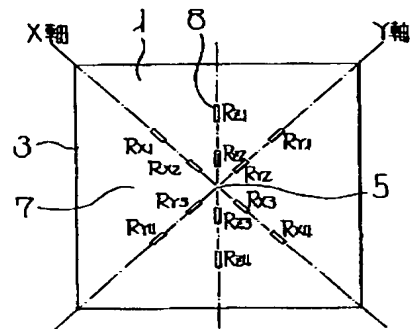
第1図



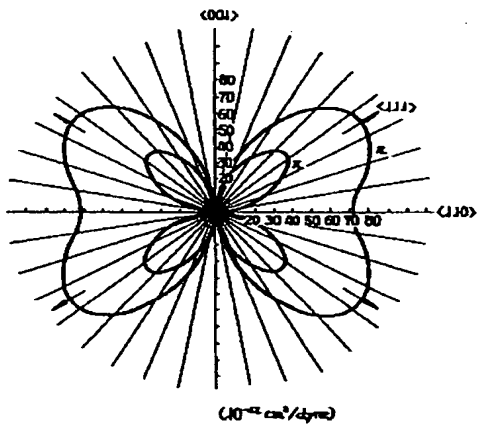
第2図



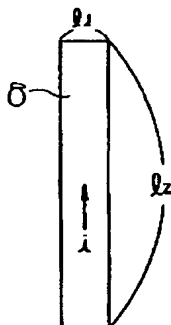
第3図



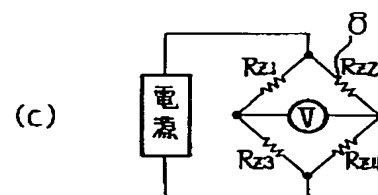
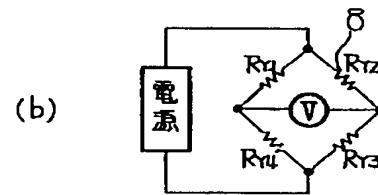
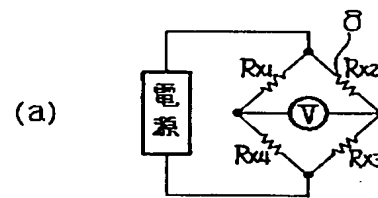
第4図



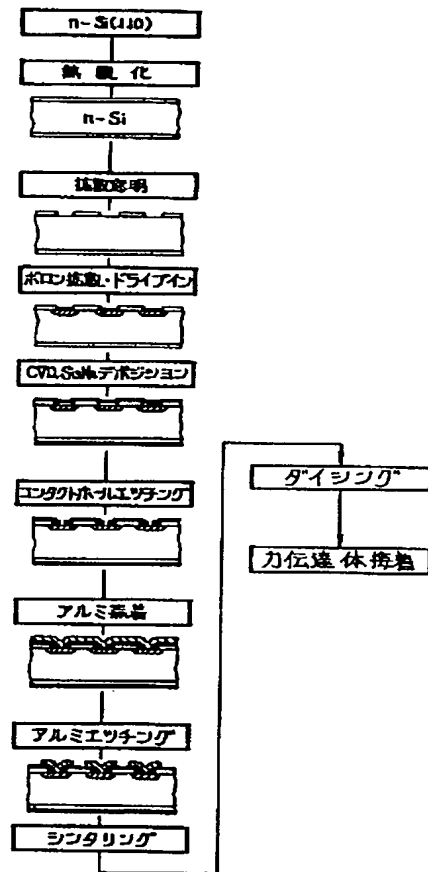
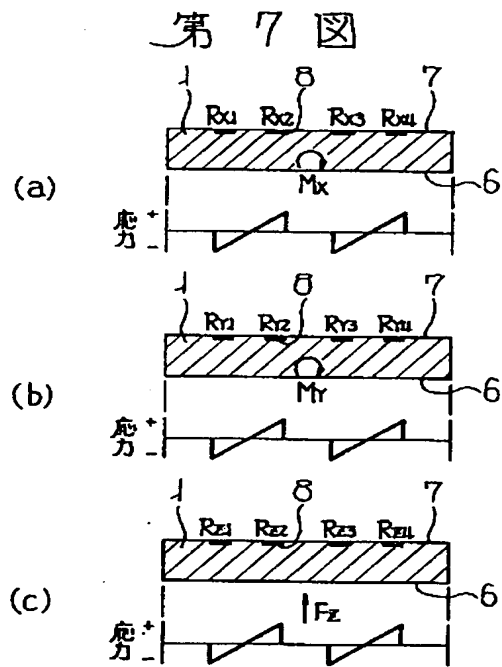
第5図



第6図



第 8 図



第 9 図

